

## OPTIMASI KOMPOSISI BAHAN PAKAN IKAN AIR TAWAR MENGGUNAKAN METODE MULTI-OBJECTIVE GENETIC ALGORITHM

**Luh Kesuma Wardhani, M. Safrizal, Achmad Chairi**

*Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau*

*Jl. H.R Soebrantas no. 155 KM.18 Simpang Baru, Pekanbaru 28293*

*Telp. (0761) 562223, Faks. (0761) 562052*

*E-mail: kesumaw@yahoo.com, safrizal.ilal@gmail.com, achmad.chairi@gmail.com*

### ABSTRAK

Masalah penentuan komposisi bahan pakan ikan merupakan permasalahan yang cukup penting karena tidak semua komposisi akan memberikan hasil terbaik bagi pertumbuhan ikan dan efisiensi biaya produksi. Algoritma genetika yang memiliki kehandalan dalam menghasilkan output yang optimal dapat dimanfaatkan untuk menyelesaikan masalah tersebut. Terdapat dua tujuan akhir, yaitu meminimalkan perbedaan kebutuhan nutrisi dan efisiensi biaya yang dihasilkan. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dengan parameter algoritma genetika yang bervariasi, penerapan metode ini pada aplikasi untuk ikan air tawar dapat bekerja dengan rata-rata tingkat keberhasilan pemenuhan nilai gizi mencapai 100% dan tingkat efisiensi biaya mencapai 46.5%. Kombinasi optimal untuk menghasilkan pakan sejumlah 6 kg tersebut dapat dicapai dengan menggunakan parameter panjang gen 5, jumlah kromosom 200, probabilitas crossover 0.01, probabilitas mutasi 0.2, probabilitas elitism 0.03, dan jumlah generasi 5.

*Kata Kunci: algoritma genetika, optimasi, komposisi, pakan, ikan air tawar*

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini permintaan terhadap produksi perikanan guna memenuhi gizi masyarakat semakin meningkat. Konsumsi ikan penduduk Indonesia pada tahun 2008-2009 mengalami peningkatan sekitar 2,16 kg, yaitu dari 28 kg/kapita/tahun menjadi 30,16 kg/kapita/tahun. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas ikan dalam budidaya per unit lahan adalah melalui penggunaan pakan buatan, terutama ketika produksi pakan alami sudah tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan nutrisi ikan yang ditebar dengan kepadatan tinggi.

Pakan buatan merupakan campuran dari bahan-bahan pakan yang memiliki kandungan nutrisi dan harga yang berbeda-beda. Kesalahan penentuan bahan-bahan pakan yang akan digunakan dapat berdampak pada rendahnya kandungan nutrisi dan tingginya biaya penyediaan pakan buatan yang dihasilkan. Harga pakan ikan/udang yang masih tinggi dapat menghambat peningkatan produksi

Di samping mempengaruhi produktivitas ikan, pakan buatan juga merupakan komponen terbesar dalam biaya produksi, pada budidaya intensif dapat mencapai 60% dari keseluruhan biaya produksi (Afrianto dan Liviawaty, 2005). Dengan demikian dalam memproduksi pakan buatan secara mandiri sebagai alternatif pengadaan pakan tidak hanya perlu memperhatikan kualitas saja, tetapi pakan yang dihasilkan juga harus efisien.

Sejauh ini penghitungan optimasi komposisi bahan pakan merupakan pekerjaan yang tidak mudah. Ketidakefektifan penentuan komposisi dipicu oleh kriteria yang saling berkaitan dalam

pemilihan bahan pakan sehingga analisis sulit dilakukan. Kriteria tersebut diantaranya tingkat ketercernaan, harga, ketersediaan, dan kandungan nutrisi (termasuk didalamnya kandungan protein, lemak, karbohidrat, serat kasar, dan air).

Di samping itu, dalam optimalisasi komposisi bahan pakan selain penguasaan mengenai kebutuhan nutrisi ikan yang baik juga perlu mengetahui kandungan nutrisi bahan pakan yang akan digunakan. Berbagai pilihan bahan pakan banyak tersedia sehingga ada banyak kemungkinan kombinasi yang harus ditelusuri agar menghasilkan solusi terbaik.

Teknologi informasi yang saat ini berkembang dengan sangat cepat, dapat digunakan untuk memecahkan masalah tersebut, yakni dengan membangun sebuah aplikasi untuk optimasi untuk menentukan komposisi bahan pakan ikan. Metode yang digunakan adalah algoritma genetika. Algoritma genetika ini banyak dipakai pada aplikasi bisnis, teknik maupun pada bidang keilmuan untuk mendapatkan solusi yang tepat dan merupakan model komputasi yang sangat menjanjikan pada masalah praktis yang berfokus pada pencarian parameter-parameter optimal (Suyanto, 2005).

Pemilihan algoritma genetika sebagai metode optimasi dikarenakan permasalahan komposisi bahan pakan ikan memiliki ruang masalah yang cukup besar. Setiap kromosom yang ada pada satu generasi merepresentasikan komposisi bahan pakan yang digunakan untuk mendapatkan hasil yang optimal dan kromosom yang mewakili solusi tersebut boleh mempunyai lebih dari satu jenis makanan yang sama. Jika menggunakan metode konvensional, biaya komputasi yang dibutuhkan

untuk mendapatkan solusi sangat tinggi. Di samping itu, pada sebagian besar metode konvensional sering terjadi kesalahan pengambilan solusi optimal karena pendekatan yang digunakan untuk menghasilkan solusi berdasarkan pada pengaplikasian ke suatu titik tunggal di dalam ruang penelusuran.

## 1.2 Rumusan dan Batasan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah, “bagaimana merancang dan membangun suatu aplikasi yang dapat mengoptimasi komposisi bahan pakan ikan air tawar menggunakan metode algoritma genetika multi obyektif sehingga menghasilkan pakan yang murah dan dapat memenuhi kebutuhan gizi untuk pertumbuhan ikan”

Untuk itu, batasan masalah penelitian ini adalah :

- Data pakan yang digunakan adalah data pakan ikan lele dumbo dan ikan patin siam.
- Pada algoritma genetika, skema pengkodean menggunakan *integer encoding*, seleksi menggunakan metode *roulette wheel selection* (RWS), dan *crossover* menggunakan *one-point crossover*.
- Parameter masukan terbagi dua: Pertama parameter individu terdiri dari jenis ikan, umur ikan, jenis kelamin dan jumlah pakan yang akan dihasilkan. Kedua, parameter algoritma genetika terdiri dari jumlah generasi maksimum, ukuran populasi, panjang kromosom, probabilitas *crossover* (Pc), probabilitas *elitism*, dan probabilitas mutasi.
- Fungsi *fitness* dihitung berdasarkan harga pakan dan nilai gizi yang terdiri dari kandungan protein, lemak, karbohidrat, dan serat kasar.
- Pengujian hasil terbatas hanya pada pengujian sistem, pengujian di lapangan tidak dilakukan.

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu sistem komputerisasi menggunakan metode algoritma genetika multi obyektif untuk menentukan komposisi bahan pakan ikan air tawar dengan relatif mudah dan menghasilkan kombinasi terbaik”.

## 1.4 Metodologi Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Merumuskan masalah
- Pengumpulan data, yaitu data pakan lele dan ikan patin, data standar kandungan gizi pakan ternak buatan.
- Analisa kebutuhan sistem
- Perancangan sistem
- Implementasi
- Pengujian
- Dokumentasi

## 2. LANDASAN TEORI

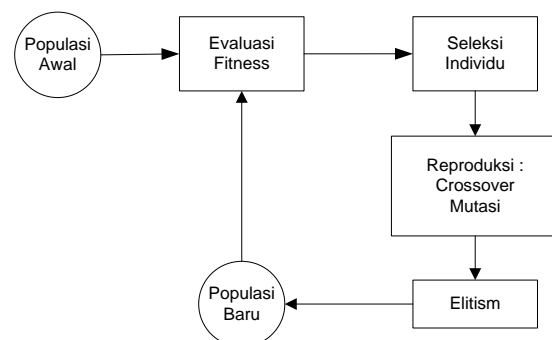
### 2.1 Algoritma Genetika

Algoritma genetika merupakan suatu algoritma pencarian heuristik yang didasarkan atas mekanisme evolusi biologis. Algoritma genetika pertama kali dikembangkan oleh John Holland dari Universitas Michigan (1975). John Holland mengatakan bahwa setiap masalah yang berbentuk adaptasi (alami maupun buatan) dapat diformulasikan dalam terminologi genetika (Kusumadewi, 2003).

Sifat algoritma genetika adalah mencari kemungkinan-kemungkinan dari calon solusi untuk mendapatkan yang optimal bagi penyelesaian masalah. Ruang cakupan dari semua solusi yang layak (*feasible*), yaitu objek-objek di antara solusi yang sesuai, dinamakan ruang pencarian (*search space*). Tiap titik dalam ruang pencarian merepresentasikan satu solusi yang layak. Tiap solusi yang layak dapat ditandai dengan nilai *fitness*-nya bagi masalah (Desiani dkk, 2006).

Langkah umum pada algoritma genetika adalah sebagai berikut :

- Melakukan inisialisasi populasi kromosom dengan solusi secara acak (*random*)
- Melakukan evaluasi setiap kromosom dalam populasi menggunakan persamaan fungsi evaluasi (*fitness function*)
- Memilih sebagian anggota populasi sebagai solusi yang sesuai dengan induknya untuk generasi selanjutnya.
- Menciptakan solusi (keturunan) baru dengan mengawinkan solusi dari induknya dengan cara *crossover* dan mutasi.
- Membuang atau menghapus anggota populasi lama yang tidak produktif untuk membuat ruang solusi yang baru agar dapat masuk kedalam populasi. Jika aturan pemberhentian terpenuhi, berhenti dan keluarkan kromosom yang paling baik. Jika tidak kembali ke langkah 3.



Gambar 1. Siklus Umum Algoritma Genetika

### 2.2 Multi Obyektif Genetic Algorithm(MOGA)

Murata (1996) mengusulkan algoritma genetika multi obyektif dan menerapkannya pada penjadwalan *flowshop*. Algoritma genetika multi

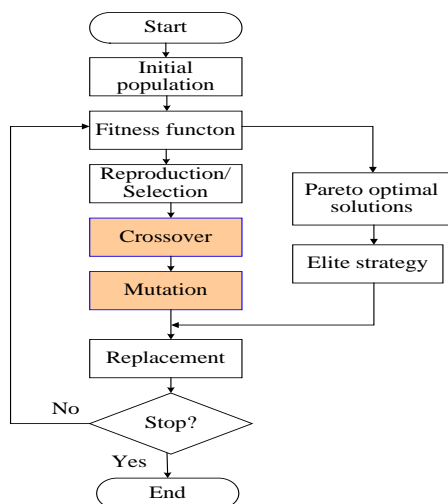
obyektif yang diusulkan menggunakan penjumlahan terbobot untuk menggabungkan berbagai sasaran ke dalam suatu sasaran tunggal.

$$f(x) = w_1 f_1(x) + w_2 f_2(x) + \dots + w_n f_n(x) \quad (1)$$

Dengan :

$f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)$  = fungsi-fungsi obyektif;  
 $w_1, w_2, \dots, w_n$  = bobot-bobot pada fungsi obyektif;

Dalam algoritma genetika multi obyektif yang diusulkan oleh Murata (1996) terdapat beberapa urutan proses yang perlu dilakukan seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Algoritma Genetika Multi Obyektif

### 2.2.1 Pareto Optimality

Dalam menangani sebuah permasalahan optimasi multi-tujuan, prinsip optimasi untuk menyelesaikan permasalahan dengan satu tujuan (*single objective problem*) tidaklah serta-merta dapat diterapkan, apalagi mempertimbangkan kemungkinan adanya konflik di antara tujuan-tujuan tersebut. Untuk menyelesaikan masalah seperti ini dapat digunakan satu cara yang menggunakan ide dari *pareto optimality* (Suyanto, 2005).

Solusi yang ditemukan melalui konsep ini bukan berupa satu titik melainkan kumpulan beberapa titik disebut *pareto frontier* atau *pareto set*. *Pareto set* adalah kumpulan titik-titik yang kesemuanya memenuhi konsep *pareto optimality*.

### 2.3 Pakan Buatan

Pakan buatan adalah campuran dari berbagai sumber bahan baku disusun secara khusus berdasarkan komposisi yang dibutuhkan untuk digunakan sebagai sebagai pakan. Berdasarkan

tingkat kebutuhannya, pakan buatan dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu (Afrianto dkk, 2005):

- Pakan Tambahan**  
Dalam hal ini, ikan yang dibudidayakan sudah mendapatkan pakan dari alam, namun jumlahnya belum memadai untuk tumbuh dengan baik sehingga perlu diberi pakan buatan sebagai pakan tambahan.
- Pakan Suplemen**  
Pakan yang sengaja dibuat untuk menambah nutrisi tertentu yang tidak mampu disediakan pakan alami.
- Pakan Utama**  
Pakan yang sengaja dibuat untuk menggantikan sebagian besar atau keseluruhan pakan alami.

### 2.4 Persyaratan Nutrisi Pakan

Persyaratan nutrisi pakan pada ikan lele dumbo dan ikan patin didasarkan pada wawancara yang telah dilakukan. Persyaratan ini dirumuskan sebagai upaya untuk mencapai pertumbuhan optimal mengingat pakan buatan untuk ikan tersebut sangat berpengaruh terhadap kegiatan budidaya sehingga diperlukan persyaratan teknis tertentu.

Tabel 1. Persyaratan Nutrisi Pakan Lele Dumbo

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan		
	(as feed)	Benih	Pembesaran	Induk
Kadar Protein	%	35 - 48	34 - 37	32 - 38
Kadar Lemak	%	5 - 20	5 - 20	5 - 20
Kadar Karbohidrat	%	3 - 13	3 - 13	3 - 13
Kadar Serat	%	4 - 6	4 - 8	4 - 8

Tabel 2. Persyaratan Nutrisi Pakan Ikan Patin

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan		
	(as feed)	Benih	Pembesaran	Induk
Kadar Protein	%	30 - 36	25 - 30	35 - 39
Kadar Lemak	%	12 - 18	12 - 18	15 - 20
Kadar Karbohidrat	%	3 - 10	3 - 10	3 - 10
Kadar Serat	%	4 - 6	4 - 8	4 - 8

## 3. ANALISA DAN PERANCANGAN

### 3.1 Analisa Masalah dan Solusi Permasalahan

Metode coba-coba merupakan metode yang digunakan pada sistem lama di mana prinsipnya semua bahan baku yang disusun harus berjumlah 100%. Pada metode ini pemilihan bahan dilakukan dengan mencoba-coba setiap bahan pakan yang ada. Langkah tersebut dilakukan sampai diperoleh

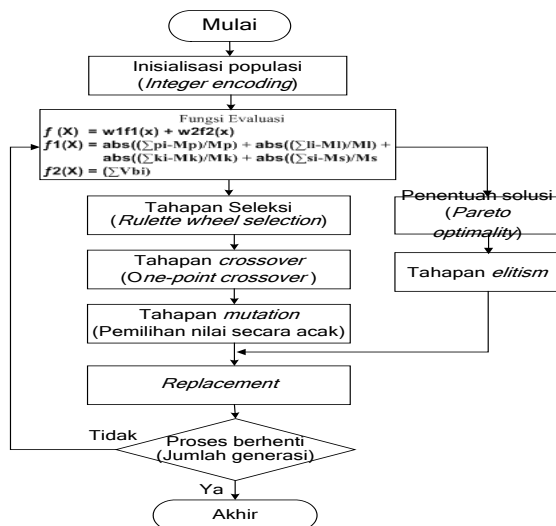
kandungan protein pakan sesuai dengan yang diinginkan.

Untuk mengurangi ketidakefisienan tersebut, maka ditawarkan sebuah solusi, yaitu dengan merancang bangun sebuah aplikasi untuk optimasi bahan pakan ikan menggunakan Algoritma Genetika, dalam hal ini kasus yang digunakan adalah ikan lele dumbo dan patin.

Aplikasi ini menyediakan fasilitas kepada pengguna untuk mengubah semua nilai parameter yang ada, baik parameter individu maupun parameter dari algoritma genetika. Adapun parameter individu yang dapat diubah seperti jenis ikan, usia, jenis kelamin, dan jumlah pakan yang akan dihasilkan.

### 3.2 Analisa Metode

Langkah-langkah penyelesaian masalah optimasi pakan ikan menggunakan algoritma Multi Objektif adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Skema Proses MOGA

Inisialisasi populasi menggunakan metode *integer encoding*, karena pada kasus optimasi komposisi bahan pakan ikan air tawar ini, jumlah gen pada kromosom yang mewakili komposisi bahan pakan bersifat dinamis (dapat diubah), *integer encoding* dapat membedakan jenis bahan pakan ikan yang dipilih meskipun panjang kromosom berubah.

Fungsi obyektif yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua fungsi yaitu  $f_1(x)$  yang merupakan fungsi nilai gizi dan  $f_2(x)$  adalah fungsi efisiensi biaya. Persamaan fungsi  $f_1(x)$  sebagai berikut:

$$f_1(x) = \left| \frac{\sum_{i=1}^n p_i - M_p}{M_p} \right| + \left| \frac{\sum_{i=1}^n l_i - M_l}{M_l} \right| + \left| \frac{\sum_{i=1}^n k_i - M_k}{M_k} \right| + \left| \frac{\sum_{i=1}^n s_i - M_s}{M_s} \right| \quad (2)$$

Keterangan:

n	=	Panjang kromosom
Mp	=	Median kebutuhan protein optimal
Ml	=	Median kebutuhan lemak optimal
Mk	=	Median kebutuhan karbohidrat optimal
Ms	=	Median kebutuhan serat optimal
bi	=	Nilai pada posisi gen ke i
pi	=	Kandungan protein dari bahan pakan ke bi
li	=	Kandungan lemak dari bahan pakan ke bi
ki	=	Kandungan karbohidrat dari bahan pakan ke bi
si	=	Kandungan serat dari bahan pakan ke bi

Model  $f_1(x)$  dihasilkan dengan mempertimbangkan tujuan sistem. Tujuan yang ingin dicapai dari fungsi ini adalah meminimalkan perbedaan nilai gizi pada komposisi bahan yang dihasilkan sistem dengan kebutuhan nilai gizi optimalnya. Dengan demikian, solusi yang paling optimum adalah suatu model  $f_1(x)$  yang menghasilkan nilai selisih sama dengan 0. Nilai paling optimum ini dapat diperoleh jika nilai zat-zat gizi yang terdiri dari nilai protein, lemak, serat, dan karbohidrat berada tepat pada range kebutuhan optimalnya (sebagai titik acuan). Pelanggaran terjadi jika kandungan zat-zat gizi yang dihasilkan sistem berada diluar titik acuan.

### 3.3 Analisa Kebutuhan Sistem

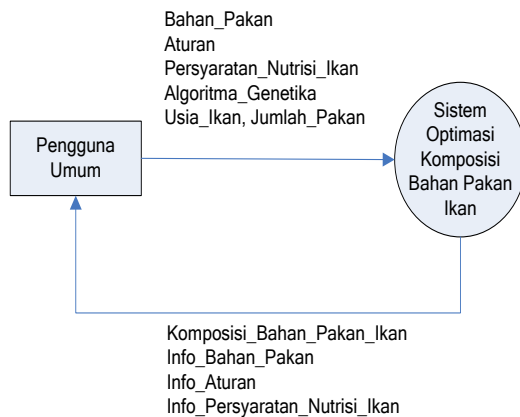
Kebutuhan data masukan pada sistem adalah sebagai berikut:

- Data Persyaratan Nutrisi Ikan, berisi tentang data nama ikan dan kebutuhan nutrisi optimalnya yang terdiri dari kebutuhan protein, lemak, karbohidrat, dan serat pada tiap fase pertumbuhan.
- Data Bahan Pakan Ikan, berisi tentang data nama bahan, harga, nilai protein, lemak, karbohidrat, dan serat yang terkandung didalam bahan-bahan pakan ikan.
- Data Aturan, merupakan data kriteria kuantitatif untuk menentukan fase pertumbuhan pada ikan yang terdiri dari fase benih, dewasa dan induk.
- Jumlah Pakan, merupakan total bobot yang akan dihasilkan dari komposisi pakan.
- Data Algoritma Genetika, terdiri dari:
  - Jumlah generasi
  - Ukuran populasi (*popsi*)
  - Jumlah gen
  - Probabilitas *crossover* ( $P_c$ )
  - Probabilitas mutasi ( $P_m$ )
  - Probabilitas *elitism* ( $P_e$ )
- Usia Ikan, merupakan usia ikan yang akan ditentukan fase pertumbuhannya sesuai dengan data aturan.

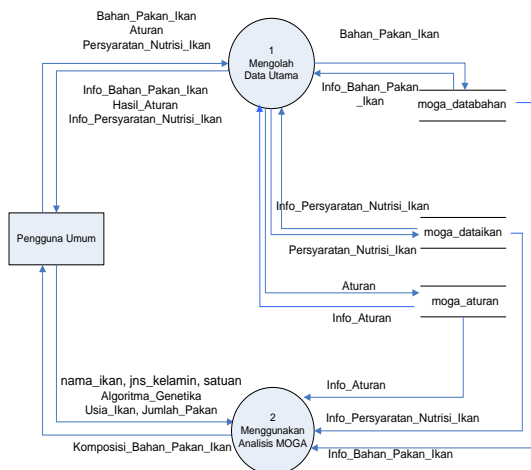
### 3.4 Data Flow Diagram

Pengguna umum adalah entitas luar yang berinteraksi dengan sistem yang berperan untuk:

- Melihat, menambah, mengubah dan menghapus data bahan pakan ikan, data persyaratan nutrisi ikan dan data aturan.
- Melakukan proses penghitungan optimasi dan melihat hasil optimasi komposisi bahan-bahan pakan ikan.

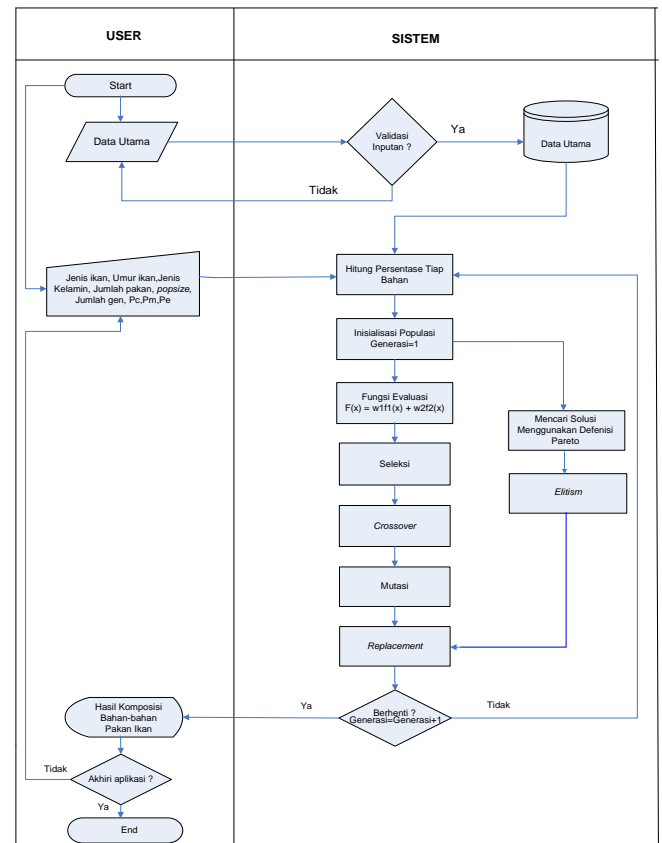


Gambar 4. Context Diagram



Gambar 5. DFD Level 1

### 3.5 Flowchart



Gambar 6. Flowchart Sistem

### 3.6 Hasil Pengujian dan Pembahasan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi penerapan metode MOGA. Pengujian ini dilakukan sebanyak 5 kali untuk setiap identifikasi dan menggunakan 33 data bahan pakan. Parameter Jumlah Generasi, Jumlah Gen, Probabilitas Crossover (Pc), dan Probabilitas Elitism (Pe) yang digunakan pada setiap identifikasi adalah sama, yaitu: Jumlah Generasi = 5 generasi, Jumlah Gen = 5 gen, Probabilitas Elitism = 0.3

Tingkat keberhasilan metode MOGA dilihat dari pencapaian kebutuhan nutrisi optimal dan efisiensi biaya. Standarisasi yang digunakan untuk melihat pencapaian kebutuhan nutrisi optimal didasarkan pada data Persyaratan nutrisi optimal pakan ikan yang terdiri dari kebutuhan protein, lemak, serat, dan karbohidrat sebagai data pembandingan. Sedangkan standarisasi yang digunakan sebagai data pembandingan untuk melihat efisiensi biaya didasarkan pada data harga pakan (Rp.8.000,00/Kg) yang diperoleh dari hasil wawancara dengan staf dinas Perikanan dan Kelautan.

Berdasarkan pengujian terhadap tingkat keberhasilan penghitungan, penerapan metode MOGA pada aplikasi optimasi komposisi bahan pakan ikan ini dapat bekerja dengan rata-rata tingkat keberhasilan penghitungan pemenuhan kebutuhan nutrisi mencapai 100% dan tingkat efisiensi biaya

pakan sekitar 46.5% pada kasus lele dewasa. Pencapaian tingkat keberhasilan penghitungan pada kasus ikan lele dewasa tersebut dihasilkan melalui identifikasi P3 menggunakan parameter  $P_c$  0.01 dan  $P_m$  0.2, sedangkan pada kasus ikan patin siam dewasa rata-rata tingkat keberhasilan penghitungan untuk lemak, serat, dan karbohidrat mencapai 100% dan tingkat efisiensi biaya pakan sekitar 42.75% menggunakan parameter  $P_c$  0.75 dan  $P_m$  0.03.

#### 4. PENUTUP

Dari penelitian tugas akhir yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, penerapan metode *Multi Objective Genetic Algorithm* (MOGA) pada aplikasi optimasi komposisi bahan pakan ikan dapat bekerja dengan baik.
- Rata-rata tingkat keberhasilan penghitungan pemenuhan kebutuhan nutrisi ikan dapat mencapai 100% dan tingkat efisiensi biaya pakan sekitar 46.5% untuk menghasilkan pakan sejumlah 6 kg pada kasus ikan lele dewasa. Solusi tersebut dihasilkan dengan menggunakan parameter sebagai berikut: Jumlah gen 5, Jumlah kromosom 200, Probabilitas *crossover* 0.01, Probabilitas mutasi 0.2, Probabilitas *elitism* 0.03, dan Jumlah generasi 5.
- Tingkat keberhasilan penghitungan dipengaruhi oleh parameter algoritma genetika yang digunakan.

Diharapkan penelitian ini dapat dikembangkan untuk proses pemilihan bahan pakan ikan air tawar yang tidak hanya melibatkan kriteria nilai gizi dan efisiensi biaya saja, namun juga melibatkan kriteria lainnya (mudah dicerna, tidak mengandung racun dan mudah diperoleh).

#### PUSTAKA

- Afrianto, E., Liviawaty, E. (2005). *Pakan Ikan*. Yogyakarta: Kanisius
- Cahyono, S. (2006). *Panduan Raktis Pemograman Database Menggunakan MySQL dan Java*. Bandung: PT. Informatika.
- Chang, P. (2010). *Development of Multi-Objective Genetic Algorithms for Scheduling*. Diakses pada 4 Januari 2010 dari [http://yzu.edu.tw/admin/rd/files/rdso/G04/93/G04079\(1\).doc](http://yzu.edu.tw/admin/rd/files/rdso/G04/93/G04079(1).doc),
- Desiani, A., Arhami, M. (2006). *Konsep Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Disyantik. (2010). *Nilai Produksi menurut Perikanan Laut, Perairan Umum dan Budidaya*. Diakses pada 4 Januari 2010 dari [http://riau.bps.go.id/attachments/Tabel%2002\\_4.pdf](http://riau.bps.go.id/attachments/Tabel%2002_4.pdf).
- Haupt, R.L., Haupt, S. (2004). *Practical Genetic Algorithms*, Canada: John Wiley & Sons, Inc.

Hermawanto, D. (2010). *Algoritma Genetika*. Diakses pada 4 Januari 2010 dari <http://ilmukomputer.com>

Kusumadewi, S. (2003). *Artificial Intelligent (Teknik dan Aplikasinya)*, Yogyakarta: Graha Ilmu

Mohammadian, M. (2010). *Advances in intelligent systems: theory and application*. Diakses 1 Februari 2010 dari <http://books.google.co.id/books?id=0AR-WBjmxIC&pg=PA126&dq=weighted+sum+method&cd=6#v=onepage&q=&f=false>

Moengin, P. (2009). *Optimasi*. Jakarta: Universitas Trisakti.

Rismawan, T., Kusumadewi, S. (2010). *Aplikasi Algoritma Genetika untuk Penentuan Komposisi Bahan Pangan Harian*” diakses pada 4 Januari 2010 dari <http://journal.uin.ac.id/index.php/Snati/article/viewFile/1756/1536>,

Suyanto, (2005). *Algoritma Genetika dalam Matlab*, Yogyakarta: Andi Yogyakarta.